清史研究前沿 · 全球史专稿

饮水、深井与氟齿病——全球化视野下清末民初天津地下水资源开发及影响

曹　牧

[摘要] 天津平原低平临海，水质咸涩，地表水和浅层地下水不堪饮用。1860 年天津开埠建立租界，受全球流行性疾病和卫生革命影响，租界中的西方人出于自身卫生安全而在天津寻找新的清洁水源。他们改革了天津的供排水设施，建立了第一套自来水系统，随后又引入机器钻井技术，发掘深层地下水。然而在新水源投入使用八年后，租界出现儿童氟齿病例，调研显示病因为井水氟化物超标，自此天津成为地域性氟病高发区。这一典型案例体现了全球化对清末民初中国城市的影响，其中由人为造成的意外后果，正是恩格斯在《自然辩证法》中所指出的与人类目标“完全不同的、出乎预料的影响”，表明了人与自然关系的极端复杂性，对当今和未来生态城市建设具有重要警示意义。

[关键词] 地下水　天津　全球化　氟齿症

[中图分类号] K252　　**[文献标识码]** A　　**[文章编号]** 1002－8587（2021）－06－0029－015

1864 年丹麦海军中将斯丁 · 比尔（Steen Bille）乘坐南新号轮船抵达天津，他是受友人邀请来津专程领略新建租界风光的，但在短暂停留的八天中，却并未对城市产生什么好印象。7 月盛夏的一天他游览了天津老城，看到了一些“令人嫌恶”的场景，并毫不客气地在笔记中写道，天津是他有生以来到过的最糟糕的城市，久负盛名的大运河不过是一条“深沟”和垃圾箱。① 而他的观点只是 19 世纪中后期大多数外国旅行者对天津评价的一个缩影。

尽管此时欧洲人对天津城市环境的评论带着强烈的优越感，但事实上直到 19 世纪中期，他们的故乡也同样面临着严重的环境问题。城市频频遭受霍乱、伤寒等疾病的侵袭，河流污染严重，在工业革命发源地英国，泰晤士“老爹”和大运河一样背负着污水沟的骂名，②1858 年河水在酷暑中发出的恶臭，还曾让议员们不得不捂住口鼻狼狈地逃离会场。③ 不过，此时西方为解决疫病问题而推进的公共卫生改革也正如火如荼地展开，城市垃圾获得清运，排水系统逐渐完善，

[收稿日期]　2021-06-02
[作者简介]　曹牧（1984—），女，天津师范大学历史文化学院副教授，天津 300387；caomu707@163. com
[基金项目]　国家社会科学基金项目《20 世纪天津城市环境污染治理研究》（19CZS050）。

① 雷穆森：《天津租界史（插图本）》，许逸凡、赵地译，天津人民出版社，2009 年，第 39 页。

② 参见梅雪芹：《“老父亲泰晤士”——一条河流的污染与治理》，《经济社会史评论》第 1 辑，2008 年。

③ 罗斯玛丽 · 阿什顿：《大恶臭：1858 伦敦酷夏》，乔修峰译，东方出版社，2019 年，第 30 页。

尤其在发现病菌传播与水源状况的密切关系后，水务改革也迅速落实，[①] 水质成为防疫关注的重点，并逐渐形成了一种新的卫生观念。

清末民初，西方人的卫生观念与帝国的殖民扩张一同来到中国。在租界区的建设过程中，相关的思想和技术改变了整个天津的城市环境，其中影响最大的是水源。天津虽地处九河下梢，但却因地下水含盐量大和海潮侵袭等问题，长期饱受饮水匮乏之苦。清中后期，天津城内已基本没有可供饮用的水井，居民用水大多取自海河，而开埠后水源的供需矛盾更为尖锐。此时租界进行的供水方式革新和新水源探查工作，恰好解决了城市的饮水难题，但也引发了意想不到的后果。

近年来，对近代中国城市水问题的探索逐渐增多，其中关于供水的研究多以各个区域最早出现的自来水系统为对象，从城市个案出发，梳理社会发展，描述历史地理或环境状态，探寻自来水系统诞生的背景原因、运作系统、技术路径、管理模式，以及供水方式变化对人民生活的影响。[②] 研究者对近代城市用水及环境卫生问题的梳理，展现了供水变革引发的宏观区域河湖资源与人类行为的互动，[③] 以及城市内部水系运转或水质变化。[④] 然而目前的供水相关研究大多描述了西方传入的新设施带来的城市卫生改观，很少涉及这些人为变化对环境产生的负面影响及反思。

城市供水问题的核心，实质上是城市如何从自然获取水源。不同时期的供水革新，只是改变了获取资源的手段或提高了获取资源的效率，不能创造资源，更不能让城市摆脱自然的约束。中国近代城市的水源变化，也是外来观念技术对中国城市的改造，而这些改造是否因地制宜，产生了哪些自然影响，同样值得重视。故此，本文尝试从清末民初的天津供水变革出发，在全球化视野下，考察城市地下水资源开发过程和影响，望这份粗浅的研究能够为有相同兴趣的研究者，在探寻城市改造与自然限度问题时带来一些启发。

一、天津城的水源局限

天津地处海河下游平原，平均海拔 20 米，但其中三分之二区域海拔低于 4 米，[⑤] 洼地面积占市区总面积的 95% 以上。极度低平的特征，让穿天津而过的海河干流，上游支流众多，下游

---

① 参见毛利霞：《19 世纪中叶英国霍乱与公共卫生运动的兴起》,《德州学院学报》2016 年第 1 期；毛丽霞：《19 世纪英国伤寒与公共卫生改革研究》,《历史教学》2020 年第 16 期。

② 相关研究中针对北京、上海、天津、汉口、广州等城市的研究时间最早也最为丰富，2010 年后研究对象进一步扩展，广州、重庆、南京、兰州、昆明等城市也出现了针对性的供水研究。张亮在 2018 年系统整理了关于饮水问题的论文，很好地概括了研究现状（《回顾与展望：近三十年来国内以“饮水”为主题的史学研究》,《三峡论坛（三峡文学·理论版）》2018 年第 5 期），此处不再赘述。近三年来，关于近代城市供水问题比较典型的研究有陈文妍：《苏州自来水事业的尝试和困境（1926–1937）》,《近代史研究》2020 年第 5 期；高升荣：《民国时期西安居民的饮水问题及其治理》,《中国历史地理论丛》2021 年第2期；张凯昭：《民生之首：清末民初北京的自来水系统》,《文史天地》2021 年第2期；朱琼臻：《清末京师筹办自来水新探》,《历史档案》2021 年第 2 期；曹牧：《寻找新水源：英租界供水问题与天津近代自来水的诞生》,《天津师范大学学报（社会科学版）》2019 年第 5 期。

③ 孙竞昊 2017 年组织的一组以水环境与水资源为主题的笔谈论文（南德、马瑞诗、孙竞昊、熊远报、鲁西奇：《笔谈：历史视野中的水环境与水资源》,《浙江大学学报（人文社会科学版）》2017 年第 3 期），涵盖长江流域环境、黄土高原水土变化、大运河作用、北京城市用水以及滨海水资源等问题，可作为典型案例诠释关于水环境研究的不同类别。

④ 此类研究因时段和对象不同，也有不同角度和类别，如罗晓翔整理南京城内水系状况并从水患、水污染以及受经费、观点、城际协调等社会因素影响的城市河流治理等内容呈现出一种传统关系下人地互动的水环境状貌（《明清南京内河水环境及其治理》,《历史研究》2014 年第 4 期）。而在牟振宇对上海开埠初期租界的研究中，租界对城市水体的整理成为都市建设和卫生管理的一部分，更体现出近代概念下的城市环境构建过程（《开埠初期上海租界的水环境治理》,《安徽史学》2010 年第 2 期），均体现了水环境研究的多样性。

⑤《天津环境保护丛书》编委会：《天津环境科学研究》，中国环境出版社，2013 年，第 14–15 页。

洼淀密布，加上滨海和潜水位偏高，还出现了咸水倒灌和农田盐碱问题，导致人工挖掘的宽口浅水井，大多只能得到不堪饮用的咸水。清中后期天津城内的取水困难已经十分明显，出现了“十井九废”，“居民万户皆仰郭郊外”等现象。此时城市周边的最佳取水点位于老城北门外，海河上游的南运河段。取水者每日穿梭于北门间，使得这一区域人流如织，扁担、水车、提桶此来彼往，路途泼溅出的少量河水，让土路无论晴雨都泥泞不堪。因为运水不易，城内水价高昂，居民购水“以三斗水之资，去日食之半”，[①] 可见饮水缺乏。

无论是城内井水匮乏还是城外取水点稀少，都可以说明导致天津供水困难的原因不是水量不足，而是水质不佳，这一问题又可以细分为地表水质和地下水质两个部分。从地表水源看来，天津老城附近最主要的地表径流是海河，而海河的水质问题，首先受到上游支流水质的影响。海河流域的扇状结构是由来自不同方向的支流构成的，支流经过的下垫面不同，水质自然也千差万别。如蓟运河、北运河等发源于燕山，潮白河发源于沽源县，永定河始自怀来县，均从河北经北京一带流入天津，这些河流的水源成分复杂，但流经区域水土流失不甚严重所以相对清澈；大清河发源于太行山东麓，子牙河发源于山西省五台山北麓，南运河源自河南的漳卫河水系，这些河流因为经过黄土区因而水质不甚清澈，与前述北运河等河流在三岔口会合时颜色差异明显。明代内阁大学士丘浚有诗云：“潞（白）河澄澈卫河浑，二水交流下海门”，[②] 其中提到的白潞河位于北运河上游，卫河属南运河上游，白潞、卫二河是海河最主要的支流，故此诗中描述潞河与卫河清浊分明的现象，可以证明海河不同支流间水质的清浊差异。卫河（南运河）水色浑浊，是因流经黄土地带染色所致，但因河道常年有“活流儿”，被认为水味更为甘甜，[③] 依然成为城市最佳取水地。

其次，海河水质还受到洪水、盐碱和海潮的严重影响。天津处于温带大陆性季风气候区，全年降水量的八成集中在 6 月至 9 月，因此海河水量受降水影响极大。每到雨季，频繁爆发的山洪和全流域洪水使得水源杂质含量大幅提升，导致漫溢的河水与城市废水混合，更为污浊难饮。与短期季节性洪水相比，盐碱和海潮则长期影响着海河水质。海河所处地势过于平坦，入海口处潮水能够大举推动河水倒行，从而出现“逆河”[④] 现象。海潮倒灌形成的水流可上涌至海河上游的主要支流中，据说最远可达南运河的杨柳青，北运河的杨村，以及西河的杨芬港一带。[⑤] 民间普遍认为咸涩海潮逆流上行至此折返，从而留下了“潮不过三杨”[⑥] 的说法。然而即便逆流上涌有度，海潮的影响范围却已覆盖大半城区，海水与河水混合严重影响干流水质，导致下游水味咸涩，不宜饮用。

从地下水源看，天津老城最典型的特点是“城内无井”。中国人凿井而饮的历史颇为悠久，[⑦] 尤其在相对缺水的北方，打井更是城市发展的重要帮手，而天津因为地下水咸涩，城内始终缺少饮水井。据《天津卫志》记载，明代城内不断开掘井口，只是所得清水井甚少，至清代仅存五眼清水井，康熙时其中四眼废弃，[⑧] 随着水质继续恶化，到乾隆时期已发展到无井水可饮的

---

① 乾隆《天津县志》卷 5《山川 · 水洼》。

② 丘浚：《舟次直沽简彭彦实同寅》，政协武清县文史委员会编：《御河文化史料》（武清县文史资料第 8 辑），1999 年，第 232 页。

③ 关金滕：《南运河卖水人》，天津市档案馆编：《天津运河故事》，天津人民出版社，2014 年，第 263–264 页。

④ 逆河为受海潮影响产生的河流倒行现象，最早见于《禹贡》“北播为九河，同为逆河，入于海”。关于海河海潮倒灌之历史沿革，见孙寿荫：《海河史漫话》，《天津师范大学学报（自然科学版）》1978 年第 4 期。

⑤ 李庆辰：《醉茶志怪》卷 2《潮异》，天津古籍书店影印，1990 年，第 150 页。

⑥ 樊斌：《津门小令》，华鼎元辑，张仲点校：《梓里联珠集本》，天津古籍出版社，1986 年。

⑦ 王仰之认为中国是世界上最早开凿水井的国家，他总结比较古代记载，认为中国水井大约在距今四千多年前便已出现。王仰之：《中国古代的水井》，《西北大学学报》1982 年第 3 期。

⑧ 康熙《天津卫志》卷 1《建置》。

境地。

天津城内无井的原因，首先是自然条件的限制。天津区域的地下水有两种类型，一种是山区裂隙水，主要零散分布在北部山区丘陵地带；另一种是平原的淡水和咸水，其中淡水区仅分布于城市郊区的蓟县、宁河、武清、宝坻等地，咸水区则包括天津城市中心区在内的广阔地域。[①] 现代科学评价体系中的咸水概念是地下水中各种离子、分子、化合物的总量（矿化度）超过 2 克 / 升的水源，其中矿化度在 2–5 克 / 升的属微咸水，5–10 克 / 升的为咸水。[②] 在天津广泛分布的咸水区一般位于距地表较近的潜水层，而传统时期人力挖掘的宽口水井一般仅深入地表十米左右，[③] 因此普通土井的深度均处于浅层地下水区域内，井水也大多苦涩难咽。

其次，城市自身的污染和消耗也加剧了这一特征。一般情况下，大量人口聚居地都会产生污物累积，因此城市越是历史悠久，地下水（尤其是浅层地下水）的污染问题就越严重。此类现象在中国古代城市中屡见不鲜，一些城市甚至就是由于地下水污染问题无法解决而逐渐走向衰败。[④] 天津城内地势低平，污水常年储集于城内水洼，[⑤] 难免污染潜水层，加之一些市民透过钻凿井眼向地下排污，使得生活废水直接进入地下，加剧了水质恶化。[⑥]

二、全球化影响与天津的水源变革

作为人类生存发展所必须的资源，清洁充沛的水源可以保障生命和生活质量，是所有文明共同的追求，然而不同时段、区域和文化中的清洁概念和标准难免有所差异。1860 年欧洲人在天津开辟租界，以西法丈量土地，规划街道，布局管理，创造了一个国中之国。西方城市建设和卫生管理方式自此现身天津，与原有城市形成鲜明对比。在殖民扩张和全球化趋势的合力下，两种观念的碰撞日趋明显，这也进一步促使西方人尝试以新方式取代原有城市供水模式，从而推动了一场供水革命。

西方人对天津的水源早有不满。租界初建之时，便有观察者发现“天津有一个的确令人难以忍受的缺点，所有的井水都是咸的，居民们不得不从讨厌的河里取水喝”。[⑦] 他们惊讶中国人在肮脏的河中若无其事地取水、洗浴，不仅不觉恐惧反而沾沾自喜，[⑧] 进而对他们的卫生观甚感失望。1894 年 6 月，英国殖民控制下的香港爆发霍乱，天津租界与香港交流频繁而面临瘟疫的威胁，疫情让欧洲人恐慌不已，却发现天津本土居民“亲眼见到亲人死于疾病，邻居被夺走性命，但却将一切归结为命运、偶然、天意或者任何其他因素，而对最为明显的肮脏问题视而不见”，[⑨] 因此“设定卫生标准，安排清洁整理街道的工作只能对天津本地居民起到一些示范作用”。[⑩]

---

① 天津社会科学院经济研究所等编：《天津农业经济概况》，天津市第七印刷厂印制（内部发行），1985 年，第 9 页。

② 侯福志：《大地史书：地质史上的天津》，天津古籍出版社，2015 年，第 101 页。

③ 刘诗中根据考古材料梳理中国史前至明清时期的水井遗迹，总结不同时期形制，显示至明清时期大多水井深度都在十米以下。刘诗中：《中国古代水井形制初探》，《农业考古》1991 年第 3 期。

④ 古代城市地下水污染代表如长安，因以渗井排污造成地下潜水污染，经二百余年城市建设，井水水质变苦。见李昭淑等：《西安水环境的历史变迁及治理对策》，《中国历史地理论丛》2000 年第 3 期。

⑤ 关于天津城市的排水困难和积水问题，可参见曹牧：《资源、环境与权益：天津墙子河的近代排污转型及影响》，《城市史研究》2019 年第 2 期。

⑥ 20 世纪 40 年代天津城市井水统计时，仍发现有两座专门用于倾倒污水的井口。见《天津特别市全市水井一览表》，1944 年 10 月，天津市档案馆藏，档案号：J0115–1–002062。

⑦ 雷穆森：《天津租界史（插图本）》，第 40 页。

⑧ “Water?”, *Peking and Tientsin Times*, 1895. 2. 23.

⑨ “Sanitary precautions”, *Peking and Tientsin Times*, 1894. 6. 9.

⑩ “Sanitary precautions”, *Peking and Tientsin Times*, 1894. 6. 9.

失望情绪逐渐引发了更多怀疑和不满。19 世纪末在刚刚建立的英租界扩展界中，西人便以卫生为由要求华人填满自己产业中的水坑地，无力自填者需“与英官凭公给价”。[①]1900 年都统衙门管理时期西方人则尝试用罚款、劳役以及各种惩罚手段强制规范中国人的行为，有“洋兵发现地上积秽甚多”将铺掌柜扭送部署罚款者，亦有日本巡捕抓捕随地便溺者“罚其在院中立正令双手举一木凳限以二时为止释放”者，[②] 虽极尽惩戒羞辱之能事，却仍无法完全扭转市民习惯行为。1902 年霍乱大流行期间，天津作为重要港口再次被波及，日本细菌学家都筑甚之化验了当时的海河水样，证明河水中存在霍乱杆菌，并很可能是病菌传染的主要渠道。[③] 因此租界的防疫措施不断增加，为防范霍乱的水源传播，英国工部局颁布日常提醒，要求居民不得饮用生水，不可生食中国人用河水清洗过的蔬菜水果，日常清洁餐具也必须使用烧开后的水源，同时在租界的东南和东北方向分别建立传染病隔离医院，组织卫生工作者参与管理。[④] 此时在应对疫情草木皆兵的外国人眼中，天津的中国人是一群完全不注重卫生防护的人，他们“憎恶卫生检查，无法理解烧毁被传染物品的行为”，而且“完全无法改变他们的习惯，每天无论何时都可以看到苦力们用长柄勺在溪流中取水并直接吞下喉咙”。[⑤]

关于卫生的怀疑甚至逐渐演化成了针对中国人的歧视。如 1917 年瘟疫流行期间，租界居民认为是中国人加快了病毒在天津的传播速度，因为他们在不知道自己感染病毒时随处走动，而且部分人“不愿参加卫生检疫，害怕自己或家人被隔离，于是尽力掩盖得病的情况，直到病症严重到无需检测直接隔离”。[⑥] 在瘟疫流行时期，租界的西方人更是丧失了对中国仆人的信任，甚至有人投稿给租界报社，提醒其他居民“应当比平常更注意仆人的日常习惯，因为他们的住处大多在陋巷，应保证那里不要囤积各种垃圾并彻底清理”。[⑦]

不过，对中国人完全没有卫生习惯的诟病大多出自误解。因为即便是对城市卫生评论最苛刻的 19 世纪西方旅行者，在诟病天津肮脏后，也不得不承认这里人口稠密，居民看起来健康，而且很少听到瘟疫发生。[⑧] 让西方人颇感困惑的是，按照常理肮脏的城市环境很难栖居大量人口，但那些貌似对卫生不够重视的天津人，为何却可以在城市中保持健康？为了解答这个问题，有租界人士尝试从纬度、日照、生活环境等角度加以解释，认为地理环境等因素让天津人成为地球上抵抗能力最强的人种。[⑨] 这种分析显然过于夸张，客观而言，尽管天津在历史上曾遭遇如“探头病”[⑩] 一般严重瘟疫的侵袭，但在数百年的时间中，这座城市能够让密集的人口在有限空间中生存而相安无事，从某种程度上亦可证明城市中存在行之有效的卫生措施。

事实上，清末天津已经形成了一套约定俗成的水源清洁模式，如从位于城市上游的南运河段取水，对河水进行沉淀处理，烧开后饮用等。尤其是沉淀措施，在夏天河流出现杂质极多的“麦黄水”时，发挥了不可或缺的作用，居民将河水倒入水缸、加入白矾用竹竿搅动，静候杂质沉淀后将清水倒入第二口水缸中，如此进行两至三次“倒缸”，直至水色澄清为止。这种过滤每两三天便要进行一次，水缸腾空后要清理缸壁和缸底沉淀的泥水，还要刷净挂在缸壁的黏液，

---

① 《洋务掇闻三（续）：天津新拓英租界章程》,《利济学堂报》第 13 期，1897 年，第 9−10 页。

② 储仁逊：《储仁逊闻见录》，国家图书馆整理，国家图书馆出版社，2016 年，第 315 页。

③ 罗芙云：《卫生的现代性——中国通商口岸卫生与疾病的含义》，向磊译，江苏人民出版社，2007 年，第 194 页。

④ *Peking and Tientsin Times*, 1902. 6. 7.

⑤ “Public Health”, *Peking and Tientsin Times*, 1902. 6. 14.

⑥ “Health Officers’ Report, Engineer’s Estimate for 1917”, 天津市档案馆编：《英租界档案》第3册，南开大学出版社，2015年，第 1296 页。

⑦ “Sanitary precautions”, *Peking and Tientsin Times*, 1894. 6. 9.

⑧ 雷穆森：《天津租界史（插图本）》，第 34 页。

⑨ “Water? ”, *Peking and Tientsin Times*, 1895. 2. 23；“Sanitary precautions”，*Peking and Tientsin Times*, 1894. 6. 9.

⑩ 康熙《天津卫志》卷 3《灾变》。

是一项耗时费神但不可或缺的工作，甚至成为津门“水俗”的一部分。[①] 清末《天津卫生总局现行章程》中还总结了清洁水源的一套“标准”程序，即“先用白矾将水澄清，过一昼夜再煮至二十四分钟，白泡滚滚方可取饮”，[②] 可见“倒缸”净水，加之饮用前烧开的习惯，能够一定程度上实现卫生防疫效果。不过，此时水源清洁标准，依然主要集中在人们对水色、水味的观感评价上，或许正因如此，天津居民才对有“活流儿”的自然水体包容度较高。

天津城市发展与水源关系紧密，漕粮运输和商业贸易不可一日无水，清代在天津推广水稻种植，亦克服了“南人惜水如惜血，北人畏水如探汤”的固有习惯。[③] 故而津地官员多关注水利营田建设、沟洫疏浚，[④] 地方诗文中则随处可见对城市水域的称颂：康熙“津门八景”中过半包含水景，[⑤] 乾隆时期天津县二十个园亭盛景亦皆与水相关，[⑥] 文人笔下既有“津门好，到处水为乡”[⑦] 的北方江南景致，亦有“河流带残雪，轻舟问前渡……却登水上楼，遥见海边树”[⑧] 南北结合、河海一体的独特水域风光。但与水的亲密关系，并不会影响天津的官员和居民对水源清洁的判定。城内富集废水的积水坑、滞留污物的护城河，同样会导致“秽气所终，行者掩鼻”[⑨] 和竹枝词中“水波浑浊是城河，惹得行人掩鼻过”[⑩] 的现象，而官府也会酌情修筑水道闸门，引潮水冲刷涤荡沟渠以求清洁。由此可见，中国人并非没有卫生观念，只是暂时未能在水源与疾病连接的紧张感上，与西方人产生共鸣罢了。

与之相对，此时租界里的西方人却受到卫生革命的影响，而产生了不同的清洁标准。放眼世界，19 世纪全球贸易和殖民扩张进一步发展，加快了全球流行性疾病的出现和蔓延，在造成了严重后果的同时，也促生了防疫的全球一体化趋势。[⑪] 最为典型的疾病霍乱，在 1832 年横扫欧洲，造成伦敦城内 1 万余人患病，5275 人死亡，[⑫] 从而迫使欧洲走上了卫生改革的道路。随着 19 世纪医学和生物学发展，尤其是 1840–1850 年代约翰·斯诺 (John Snow）提出霍乱杆菌可以通过饮用水传播后，水源与卫生的联系更为紧密，城市防疫的重点也被放在控制供排水和卫生治理角度。此时人们对清洁程度的评断开始逐渐进入微菌层面，更多依赖化验分析而非感官判定，在防范瘟疫的手段上，也逐渐形成相对统一的措施和标准。

因此当全球流行疾病波及天津时，新的卫生防疫手段也开始影响这座城市。清末天津的供水变革，正是租界运用欧洲防疫模式，在应对一波又一波全球流行瘟疫的过程中逐渐完成的。1894 年霍乱流行，引发了租界独立供水问题的讨论，最终促成 1899 年天津英租界第一套自来水系统的出现。不过此时的水源仍然来自海河干流，且取水点位于天津老城下游，虽然经过净化处理，仍有被天津老城废水污染的风险。随后 1902、1917 年瘟疫的影响，则使得河水清洁程度的问题再次被提出，并推动了深井水的开发和使用。尤其是 1917 年租界工部局委托海河工程局工程师皮特凯恩（F. B. Pitcairn）担任检察官对水质进行抽检化验，得出“自来水成品澄清透

---

① 关于老天津水俗可参见顾道馨：《绿波集——顾道馨著述选粹》，天津古籍出版社，2013 年，第 15 页。

② 《天津卫生总局现行章程》，甘厚慈辑：《北洋公牍类纂正续编（二）》，天津古籍出版社，2013 年，第 981 页。

③ 光绪《重修天津府志》卷 28《屯田》。

④ 同治《续天津县志》卷 7《河渠·附水利营田》。

⑤ 康熙《天津卫志》卷 4《艺文·八景》。

⑥ 乾隆《天津县志》卷 7《城池公署志·附园亭》。

⑦ 樊斌：《津门小令》，华鼎元辑，张仲点校：《梓里联珠集》，第 106 页。

⑧ 乾隆《天津府志》卷 39《艺文志·春初过问津园》。

⑨ 光绪《重修天津府志》卷 20《舆地二》。

⑩ 张焘：《津门杂记》卷下，清光绪十年刻本，第 17 页。

⑪ 马克·哈里森：《疾病的漩涡：19 世纪的霍乱与全球一体化》，邹翔译，《西南民族大学学报（人文社科版）》2018 年第 2 期。

⑫ C. Creighton, *A History of Epidemics in Britain: Volume II*, Cambridge University Press, 1894, p. 821.

明……但不能确定清洁程度”，“仅靠一份证实水源样品曾在 1916 年 9 月送往上海检测的说明”[①]无法判定合格与否的结论后，英租界工部局最终决定收回供水权，并再次开始寻找更为清洁理想的水源。而此时唯一能够不受天津老城和租界自身排污影响，并可尽量避免与周边居民接触的理想取水形式，便是打造深井。

深井水来自深层地下的承压水层，水质更为洁净独立，且因为能够在使用水源方面实现“隔离”而独具优势。取用井水的提议在英租界筹建自来水厂时便曾作为优质水源选项，成为河水的有力竞争者，只是当时水源勘探技术有限，钻凿者无法在钻探前确定地下是否存在深层水源，投资风险过大，才最终落选。然而，当租界再次处于水源传播性疾病的威胁中时，死亡恐惧还是战胜了收益顾虑，钻井探索最终得以重启。

三、天津地下水资源开发与影响

租界讨论的深井钻探技术，是采用机器手段钻凿到地壳深处取水的一种方式。这种搭设井架的窄口深井钻探形式，虽然被时人认作近代西方技术，还被冠以“洋井”之名，实则源于中国。早在公元 11 世纪，中国人便开创了用高架和辘轳带动铁质钻头的借绳式冲击钻进法，穿凿地层获取盐卤，明代又发明了名为“撞子扦”的震击器，使钻探深度可以达到 1000 米以上。根据潘吉星的研究，中国凿井取盐方法在 14–16 世纪传到西方，17–18 世纪铁质钻头借冲击钻进法传入欧洲并开始实际应用，19 世纪经过改进的绳钻技术在欧美流传，成为近代钻井方式的基础。1828 年与蒸汽动力结合后，钻井技术在美国迅速发展，又受到石油资源开发的强烈需求刺激而更为普及。[②]

天津租界进行水源讨论时，澳大利亚、俄罗斯和美国均已进行了钻井取水实践，特别是澳大利亚在大平原上打出了不少自流井，对改善当地的饮用水和农业灌溉发挥了极其重要的作用。中国此时也受到了新式机井的影响，如 1878 年唐廷枢便从美国购入深井钻探机器，并邀请英美技师在台湾打出了中国第一眼油井，[③]可见这项从中国出发的钻井技术，在传遍全球后以机器动力回归，再次影响到中国的经济社会发展。

如前所述，钻取地下水的提议在租界早已出现。1894 年天津英租界筹备建设第一个自来水厂时，因为河水水质污浊，必须在水厂经过滤水净化后方能使用，而深井水质地清澈，不用过滤即可饮用，因此一度考虑采用井水作为水源，后因营利效益问题没有得到出资人的支持。[④]而租界收回供水权转为公共运营后，承担起更多维持公共卫生的职责，因此很快就仿效欧美用机器穿凿水井，加大发掘利用地下水资源的力度。

1925 年水厂正式收回三周年之际，巴克斯道水厂的第一眼自流井（二号自流井）终于钻凿成功并开始出水，有人认为这“证明了现代技术在钻井中的高效率，地下水源供应必将超越地表水源”。[⑤]此后租界实行两种水源供水，希望实现井水不足时，以抽取河水补足的计划，1927 年深井产水量较大，更是燃起了“期望抽引河水旧厂或不必再用”[⑥]的希望。1929 年，租界水厂已建成巴克斯道、达拉斯道和伦敦道三个分厂，成功挖凿五眼机井，此时钻井工作已经不再局

① 天津市档案馆编：《英租界档案》第 4 册，第 1790 页。

② 潘吉星：《中国深井钻探技术的起源、发展和西传》，第 20–33 页。

③《我国最早开发的油田》，《石油钻探技术》1994 年 6 月，第 8 页。

④ 关于天津英租界建立自来水系统前，围绕水源选择进行的相关讨论，参见曹牧：《寻找新水源：英租界供水问题与天津近代自来水的诞生》，《天津师范大学学报（社会科学版）》2019 年第 5 期。

⑤ “Water Works Report for 1925”，天津市档案馆编：《英租界档案》第 8 册，第 3417 页。

⑥《天津英租界第十次常年选举大会董事长杨嘉立君关于账目及预算案演说词》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 9 册，第 3832 页。

限在英租界范围内，日、德租界甚至中国老城区域也都有钻井尝试，成绩比较突出的日租界工部局在 1928 年便开凿出自己的深井，并且创办了多个钻井公司。

井水与河水相比，水源品质和卫生状况都更为优秀。自流井水质清洁可口，试验室的细菌检验结果显示其“微菌绝迹，适合公众卫生标准，勿需任何清洁处理即可供给应用，此项给水在远东固属罕见，在中国堪称无匹”。[①] 租界区域的公共卫生防疫状况也证明，使用深井水对卫生防疫的帮助。自从大量使用深井水，租界控制瘟疫蔓延的能力明显提升，区内瘟疫患病率和死亡案例都有所下降。以 1932 年为例，当年天津地区 1 至 3 月水痘流行，4 至 6 月疹子传播，6 月四乡出现霍乱，病患人数过多以致天津市传染病隔离医院人满为患，但据当年的卫生报告显示，各种时疫并未在租界蔓延，且从不同病症导致死亡的具体统计数据看来，租界内亦没有因为瘟疫死亡的病例。[②]

深井水不仅水质优于河水，出水量也不逊色。尽管租界用水需求节节攀升，井水的供应能力却也能依靠挖井技术成熟和开凿数量增加而逐渐提高，因为各方面优势明显，深井水逐渐取代河水成为英租界的主要水源，河水则沦为缺水时期的备用品。在 1924 至 1935 年有记录可查的十一年中，英租界至少有三年时间（1927 年、1933 年、1934 年）实现了全区域内的井水自给，其中以 1934 年的独立供应尤为来之不易。当年夏天恰逢酷暑，用水压力骤增，河岸抽水房和水厂过滤池早已做好“备战”准备，天津自来水厂的三座厂房以及河坝进水机厂新安装的抽水机件也准备就绪，英国工部局依照往年经验提前开启河水过滤设备，随时可以启用河水作为补充供水。然而出人意料的是，深井不仅没有出现水量不足的情况，还撑起了整个英租界的夏日用度，以实践证明深井水资源的充沛和发展潜力。

天津深层地下水开发技术不断向外传播，深井数量也不断增加。英租界前后开凿了 10 眼机井，法租界（老西开自流井）、日租界（日租界居留民团水道课）也都在界内开凿深井作为备用水源。其中影响最大的当属法租界老西开自流井，该井号称当时中国最深的淡水井，1936 年挖成之后井水自动喷涌昼夜不息，据说水量可达每小时 6000 加仑，且在开凿过程中出土诸多蚌壳等软体动物化石，引起很大社会轰动。当时的北疆博物院院长桑志华（Paul Emile Licent）结合自己的地质考察经验，推断整个河北平原甚至西北地区均有挖掘此种水井的潜力，[③] 北方各地都开始了深井开凿工作并由城镇发展到乡村，山西等地开始尝试将深井用于农田防旱灌溉，而天津城乡区域也开始使用机井。1939 年天津特别市公署统计农会水井显示，天津周边乡镇的 25 个农会中有 3 个（凤林村、旺道庄、大毕庄）使用机井水源，可见此时乡村已经有机器井出现。[④]

有记录的城市深井数量更多。1939 年天津市卫生局为全市清扫污物卫生整理而调查市区内水井状况，统计报告显示全市有“食用之机器洋井 241 座，轧水井 398 座，砖井 113 座，土井 42 座”。[⑤] 报告将井分为四类，其中机器洋井指以机器钻凿或以电力抽水的水井；[⑥] 轧水井则是使用手动抽水机取水的水井，抽水机为“高三四尺的圆筒，筒上有一柄”，[⑦] 汲水时人将手柄上下摇动，井水便能自然涌出，此类压水机利用封闭管道和机械装置，抽走井中空气形成真空后利用气压将水取出；砖井和土井则大多仍采用传统手段开凿并以绳汲水的水井。

此次调查记录的城内水井总数为 794 口，但报告后附加的统计表仅留存了其中 755 口的信

① 《水道处 1935 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4554 页。
② 《1932 年卫生报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4257–4258 页。
③ 《西开自流井完成后黎桑博士发表研究结果“河北平原”各地均可凿得自流井陕甘两省同样可能》，《大公报》，1936 年 5 月 18 日，第 6 版。
④ 《天津特别市公署农会水井调查表》，1939 年 7 月，天津市档案馆藏，档案号：J0218–3–004752。
⑤ 《天津特别市公署警察局水井调查表》，1939 年 9 月，天津市档案馆藏，档案号：J0218–3–004800。
⑥ 所谓洋井为洋式井简称。参见《宫中开凿洋井》，《顺天时报》，1907 年 9 月 29 日，第 7 版。
⑦ 《怎样用抽水机》，《大公报》，1936 年 10 月 24 日，第 12 版。

息。虽然信息不全，但提到的井水状态和用途等内容，有助于我们了解当时城市地下水源利用状况。700 余口水井中，可供人畜饮用的有 258 口，其中机器洋井 192 口，轧水井 31 口，土井 8 口。所有水井中有 25 个标记了深度，最浅的仅二尺（约 0. 7 米），最深者为四丈六尺（约 15. 3 米）。① 尽管留下的记录有限，仍可看出与清末相比天津城内水井数量大幅增加，尤其是机器井已经达到总数的 30%，若算上人力轧水井，使用新机械取水的井口占比可超过 93%。不过虽然此时城内水井数量增多，但仍有 66% 的水井只能出产不可饮用的水源。非饮用的井水主要被用于城市的日常洗涤、园艺、打煤球、消防、沐浴以及泼街等工作中，可饮用水井数量相对较少，但与过去相比已经有了极大进步。

1944 年天津特别市政府卫生事务所调查天津市卫生状况时，再次统计了城中的水井情况。甚为难得的是，此次统计的 276 口水井中有 259 口标记了井深，并被特别分为可饮和不可饮两种类别，且有 136 口标记了水源利用方式。整体看来，200 余口水井中有电力洋井 39 口，人力轧井 122 口，砖井 80 口以及土井 8 口。其中可供饮用的水井共 35 口，深度从 7 尺（2. 3 米）到 50 丈（166. 7 米）不等，大多数为洋井。39 眼机器井中深度最浅者为 10 米，最深者达 167 米，深井居多，深度超过 30 丈（100 米）的有 16 口，其中有 19 口水源可供饮用，可饮用比例达 48%。②

1946 年天津市社会局再次调查水井信息，共统计了天津市辖区范围内的 632 口水井，③ 其中机器井 96 口，轧水井 167 口，砖井 163 口，土井及泉水井共 146 口。所有水井中有 24 口标注了水源状态和用途，其中 14 口因故不能使用；标明水质咸或“咸苦不能饮”的有 165 口，其中仅有 4 口为机器井或轧水井；标注甜或“味咸可饮”者共 61 口，其中有洋井或轧水井 42 口，砖井 11 口，土井或泉水井 8 口。总体看来，采用新取水技术的可饮用水井在总水井数中占比最高，达到 69%。

由上述记录可见，20 世纪初期出现的机器井发展迅速，至 20 世纪中期已经逐渐成为天津城中日常饮用、水源销售、消防安全和城市卫生防护的重要取水设施，足以证明新取水形式在天津推广迅速，逐渐被市民接受，这同时也促进了钻井相关经济的蓬勃发展。20 世纪初期，日本钻井公司以较高的性价比在租界区域独领风骚，当时英租界和法租界的深井大多是由日本公司承担，还有不少美国公司以及使用欧美技术的华资专门公司从事钻凿相关的民间服务。1905 年清政府的商部还曾上奏朝廷，提倡在京城凿井，④ 而至少在 1909 年，京津一带的凿井公司广告便已频繁出现在各大报纸上，称其机器可凿井至二百丈，“取地内至洁泉水饮之实益卫生”，且“二十丈井旬日可以凿完”，⑤ 将机器井的便捷和卫生作为最具吸引力的招牌。租界内外居民此时也将新兴的地下水资源看作改变天津苦水围城状况的救星，相信它会成为租界和天津城未来发展新的希望。

四、氟齿病的发现及应对

1934 年 7 月，盛夏时节，英租界的几个孩子在牙科诊所接受治疗，他们刚刚长出的恒牙表面出现了数量不等的褐色瘢痕，既影响外观又有碍饮食。医师诊断后发现这些瘢痕是因珐琅质缺损而露出的牙本质，但令人费解的是，儿童珐琅质缺失的常见原因是营养不良导致的钙质缺

---

① 《天津特别市公署警察局水井调查表》，1939 年 9 月，天津市档案馆藏，档案号：J0218-3-004800。

② 《天津特别市全市水井一览表》，1944 年 10 月，天津市档案馆藏，档案号：J0115-1-002062。

③ 《调查各区水井清册》，1946 年 5 月，天津市档案馆藏，档案号：J0025-3-003781。

④ 《商部奏京城倡办凿井推广便民折》，《东方杂志》1905 年第 2 卷第 5 期，第 57 页。

⑤ 《美国新法机器凿井广告》，《顺天时报》，1909 年，第 2136 号，第 8 版。

乏，而这些孩子均来自中上收入家庭，没有任何营养匮乏问题。此后租界内的相关病例骤增，且病状基本一致，患者年龄也都是 6–8 岁处于换牙期的儿童。经过多方会诊判断，孩子们所得疾病为摄入氟化物过多导致的氟齿病，超标氟化物的来源则是深井水。

氟齿病就是今日医学概念中的氟牙症，是在牙发育的矿化时期，机体摄入过量的氟所引起的一种特殊的釉质发育不全，属地方性慢性氟中毒的特异性表现。[①] 氟化物广泛分布在自然界，在构成地壳的各种元素中位于第 13 位，占地壳总量的 0. 77%,[②] 人体少量摄入可以预防龋齿，摄入量超标则会造成危害。氟牙症的发病与土壤和水源中氟含量有直接关系，因此具有明显的地域性，可以作为判断地域性氟齿病程度的重要指标。

氟化物会在某些区域的自然土壤和水源中富集，因此中外历史上都有氟齿症患者牙齿变色特征的记载，只是当时的医学无法判定病因，而常将其视为地域人口的形象特征。如中医学教材《医古文》中收录晋代嵇康《养生论》提到的“齿居晋而黄”，意思是住在晋（即今日山西地区）的人牙齿颜色较黄。编者引用李时珍《本草纲目》“啖枣多，令人齿黄生䘌”，[③] 解释齿黄是因当地人食枣过多所致，但后来的研究者则普遍认为晋人齿黄是地域性高氟症的表现。[④] 结合山西地区地理分布上大同火山区和氟病区的影响,[⑤] 以及目前仍然存在的饮水型氟中毒问题[⑥] 更可确定这一结论。

西方的早期记录也只描绘出牙齿变色的症状，直到 19 世纪末 20 世纪初才开始对相关问题进行研究。1888 年库恩斯（Kuhns）描述了牙面斑点症状，并提出病因与饮水有关，[⑦]1901 年伊格（J. M. Eager）发现从意大利那不勒斯，尤其是距那不勒斯 5 英里的波佐利（Pozzuol）地区，迁往美国的移民中多有牙齿变色和牙釉质缺损情况出现，因此推断此种病症具有地域性。[⑧]1916 年麦凯（F. S. Mckay）和布莱克（G. V. Black）根据在科罗拉多的研究，共同发表了学术论文，首次提出斑釉症（mottled enamel）概念。[⑨]1931 年美国亚利桑那大学的玛格丽特·史密斯（M. C. Smith）经过试验验证饮水中的氟含量过高会导致斑牙。[⑩] 到 20 世纪 40 年代，不少研究者发现水中适度氟化物对牙齿的防蛀效果，为此美国还曾经进行过关于饮水中氟影响的大型试验，[⑪] 并有学者建议在饮水或儿童饮食中适量添加氟，以预防龋齿。可见氟化物对人体影响的特殊性——根据摄入程度的不同，它既能够成为一种牙病的致病原因，又能够成为另一种牙病的预防措施。

在天津租界发现氟齿病时，中国城市尚没有类似的病例报告，即便在英国也只有马尔顿（Malden）出现过类似情况，因此英租界在寻求解决方法时只能求助于后者。马尔顿的供水系

---

① 张营主编：《新编临床口腔医学》，吉林科学技术出版社，2017 年，第 157 页。

② 李恩昌编：《社会医学概论》，山西科学技术出版社，1988 年，第 256 页。

③ 段逸山主编：《医古文》，上海科学技术出版社，1984 年，第 69–70 页。

④ 李仁众：《“齿居晋而黄”是地方性高氟病》，《上海中医药杂志》1990 年第 3 期。

⑤ 陈国阶：《中国地方性氟病的地理特点》，《地理科学》1981 年第 2 期。

⑥ 黎昌健等：《地氟病在中国大陆的流行现状》，《实用预防医学》2008 年第 4 期。

⑦ 郭娟如等：《地方性氟病》，《卫生研究》1987 年第 3 期。

⑧ J. M. Eager, “Reports from Naples–Immigrant Inspection Service”, *Public Health Reports (1896–1970)*, Vol. 16, No. 27 (July 5, 1901), p. 1550.

⑨ Frederick S. McKay, G. V. Black, “An Investigation of Mottled Teeth”, *Dental Cosmos*, May, June, July, and August, 1916, LVIII.

⑩ “Fluorine in water causes spotted teeth”, *The Science News–Letter*, Vol. 19, No. 527 (May 16, 1931), pp. 308–309.

⑪ 1944 年 McClure 等人发表了两篇关于水中氟含量超标造成人体影响的论文，实验跟踪调查的研究对象包括 1458 名高中男生，以及 2529 名青年男性，参与实验人数庞大。见 F. J. McClure, “Fluoride Domestic Waters and Systemic Effects: I. Relation to Bone–Fracture Experience, Height, and Weight of High School Boys and Young Selectees of the Armed Forces of the United States”, *Public Health Reports (1896–1970)*, Vol. 59, No. 48 (Dec. 1, 1944), pp. 1543–1558. 以及 F. J. McClure and C. A. Fluorine, “Content of Urine in Relation to Fluorine in Drinking Water”, *Public Health Reports (1896–1970)*, Vol. 59, No. 49 (Dec. 8, 1944), pp. 1575–1591.

统建立于 1862 年，氟齿病症状可能出现于 1922 至 1924 年间，但当地医疗机构因为将氟斑与其他牙病混淆而没有注意到早期病情的发展，直至 1928 年才向相关部门提交了调研报告。在此后进行的专项检查中，研究者发现马尔顿水中氟含量为百万分之四至五，当地儿童斑牙（mottled teeth，氟齿病主要症状）患病率在 90% 以上。据研究显示，水中氟化物达百万分之一以上则斑牙显著，发病率与氟含量成正比，当氟化物含量超过百万分之十二时乳牙也会出现斑牙特征，而天津的深井水源氟化物含量在百万分之二至百万分之四之间，且自 1926 年投入使用后，井水占供水总量的比例逐年攀升，至 1934 年成为居民饮用水的唯一水源，氟化物摄入量早已经达到了导致氟齿发病的程度。①

埃塞克斯州（马尔顿所在州）的化验顾问，英国公共卫生实验所的皮尔（Beale）和苏格林（Suckling）大夫，在回应天津方面的咨询时，认为天津的氟齿问题应与水源有关。他们根据天津英租界提供的儿童检查数据，发现在参与检验的 243 人中，有 46 人存在斑牙象征，2 人出现深度斑牙齿色变异，尽管此时患病比例仅为 19%，但以马尔顿地区的经验推测，儿童发病率会很快进入快速上升阶段，最终达到 90% 左右。因此他们认为天津“斑牙”问题已经非常严重，建议应于可能范围内采取一些预防手段。②

发现氟齿症后，英租界再次面临撤换水源的压力。1935 年租界选举人大会上，中国纳税人代表提出租界水道工程师对于界内给水，明知“氟多、味咸”而没有改进计划，水厂营利微乎其微，水价又极其高昂，因此提议转换水源，“闻日租界以廉价趸购济安自来水公司之水而零售之，颇为经济且无缺点，本租界何不仿照办理？”③ 然而水道处则认为采用深井水源的水厂此时即便在售水量不大的时候仍然能够带来不错的收益，产量也足以供应租界用水，新增用户数量连年上升，尚未出现用户流失和生产衰竭迹象，如果仅仅因为一种病症，就立即放弃整个井水供应系统并花费不赀的钻井费用，实非明智之举。

租界一度尝试利用现代技术调整井水水质，减少其中的氟含量。水厂先是采用了沸石滤水法。此法是当时英京联合软水公司出品的过滤纯水新技术，由含有十二种沸石的四重过滤系统组成，据说滤水成品水质与蒸馏水不相上下。但遗憾的是，最后经检测验定，这套净化系统对水中的氟化物没有清除效果。此后，水厂又从美国芝加哥国家氯酸盐公司订购化学试剂“消氟物”，但在水中投放一段时间后发现，该产品对减低氟化物“无何显著象征”。④ 此外，还试用了皮尔大夫推荐的更换盐基除氟途径——“树脂除氟法”，只是技术正处于实验中，且排除之成分“往往为十万分之微数”，效果极不明显。⑤

与此同时，租界也曾寄希望于打造新井，寻找氟含量较低的新水源。然而法租界 1936 年凿成的老西开自流井，已经深达 2 340 至 2 440 英尺（713. 23–743. 71 米），井水中的含氟量为百万分之二点六，依然超过英租界的水源氟含量。⑥ 这进一步证明天津的深层地下水不适合民用，同时否定了通过改变井深和位置改善水源的设想。

寻找替换水源是解决租界供水的另一个方法。此时取水点位于海河上游的济安水厂已经初具规模，亦有其他租界购买济安水源的先例，因此购买过滤水成为一种可行性选择。英租界与济安水厂相距甚远，若从济安水塔直接引水，还需租用载重汽车跨界运送水源，额外消费至少

---

① 《皮尔、苏格林大夫意见书——给水、氟化物与斑牙》，伦敦州立公共卫生试验所，1935 年 9 月 6 日，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4565–4567 页。

② 《皮尔、苏格林大夫意见书——给水、氟化物与斑牙》，伦敦州立公共卫生试验所，1935 年 9 月 6 日，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4571–4572 页。

③ 《1935 年天津英国租界选举人常年大会记录》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4624 页。

④ 《水道处 1937 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 11 册，第 4886 页。

⑤ 《水道处 1936 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4694–4695 页。

⑥ 《水道处 1936 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，4694 页。

会导致水价提高 4. 5 倍。① 比较经济的方法，是从使用济安水厂水源的近邻法租界引水。英法租界之间的地下水管本就相通，仅靠几处阀门隔断，法方自产水源不敷使用时还曾用这条渠道从英租界购买过自来水。1924 年英租界水厂经营权转移后，英租界工部局坚持继续挖掘深井水源，法租界则转而从中国区的济安自来水厂购水，自此之后水管闸门便长期保持封闭状态。连接两个租界的管线闸口是最理想的购水地点，但它的位置靠近法租界的取水深井，而法租界为缩减费用，在使用济安水厂的过滤河水时，每日仍定时抽取深井水作为额外补充，英租界担心从该闸口引入的自来水受到高氟井水的干扰，而放弃了这一选项，最终将引水地点选定在特一区达文泼路与河坝之间（旧德租界）的水管处。河坝附近管线较少，水源品质虽然稳定但水压较低，不适宜引水，甚至还需借助人力推车完成最后接水运回的工作，但这种带有明显缺陷的设置能够出现，也足以证明英租界对水源需求的急迫状态。

粗糙的引水计划带来了一些非议。因为无论从何种渠道引入新水，都会导致为辅助井水运输建立的管道系统闲置，造成经济损失。同时，掺杂了人力运水部分的新系统，也可能带来更大的卫生风险。所以当 1937 年 7 月天津沦陷，政治局势再次陷入动荡时，英租界工部局综合外界政治动荡和当年瘟疫流行、河水泛滥的自然环境状况，决定修改策略，搁置之前拟定的依赖界外引水方案，再次转向以界内自主产水为主的生产模式，甚至还为此投资开凿了一眼新井。在饮水改进方面仅将饮用和非饮用水分流，沿墙子河从特一区总水管引过滤河水至租界，设三处固定取水点和专职管理人员，市民可根据需要前往自取。此时租界外的变动和困境，也消弭了居民对井水的质疑之声，更多人转而在风云突变的局势中慨叹："给水来源位置界内，诚为有见地之建设……对于水源之安全或遭受任何干涉固可无所顾虑。"②

因为深井水的持续使用，租界还改变了既往水源检测的标准。开埠前天津人对水质的评价主要依赖直观感受，从而根据水的色、味和浑浊程度判断为甜、咸、苦，或是清、浊、浑，居民对于水源的偏好也主要来自饮用习惯。清末租界引入自来水后采用了生物化学检测手段监控水质，先是以半年为限度将自来水样邮寄至上海实验室检测，后由英租界工部局设立"天津化验室"和专职卫生医官负责水质检验工作。随着井水日益普及，英租界与法租界工部局的巴斯德菌学试验室合作，隔年公布地下水水质化验报告，内容则更注重微菌和有机污染物指标。一份 20 世纪 20 年代英租界的水质化验报告中列出的检测成分包括："盐性阿姆尼亚，黏胶淡气阿母尼亚，亚硝酸盐，强硝酸盐，游动氯气，钠氯盐，碳酸气（已消融），氧气（已消融）"，③ 可以看到，检测的主要是水中的氨氮（阿母尼亚）、亚硝酸盐、氯气、溶解氧含量以及水质硬度等体现水源受有机物污染程度的项目。正因如此，在早期水质调查中，深井水往往因受污染较少在检测中表现优秀，得到用户的信赖。水厂也仅在井水产量不足而不得不混入河水时，才会频繁进行水质化验，以确保"有害元素概经充分消除"。④

发现氟齿病后，上述检测内容也需要改变，首先需要变革的是检测技术。天津实验室常规的水质检测项目中不包括氟含量测定，也不具备相应的技术条件，因此 1934 年需要判定氟齿病因时只能求助外力，一批天津水样先由华北化学试验室、北平协和医院及上海工部局化验室检测，后为获得更为准确的数值，又送至法国巴黎市政化验所和英国伦敦公立卫生试验所。⑤ 在此之后，"氟素"成为天津租界深井水检测必备的项目，但是采用何种方法测验成为一个新问题。送往不同实验室检测的水样往往因为检测手段不同导致数值不尽相同，如 1935 年采用 de Boer（德葡阿）

---

① 《水道处 1936 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4696 页。
② 《水道处 1937 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 11 册，第 4885 页。
③ 《1929 年水道处报告附件：赖大夫之水质化验报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 9 册，第 3925 页。
④ 《水道处 1931 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 9 册，第 4137 页。
⑤ 《水道处 1935 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4558 页。

法测定的氟素含量较高，而 1936 年采用美国新“水质化验标准法”的比值则下降。① 为求统一，租界选定后者为标准检测法，此法后被民国政府采纳作为全国水质健康标准的参考基础。

同时，水质检测内容也进一步丰富和细化，实验室除检测“氟素”外，还能化验其他水中的化学成分，并用于解释水质变化。如 1935 年有居民质疑深水井出现“咸味”时，水道处便出具了一张化验单，其中除生化指标和污染物外，还详细列出了碳酸钙、碳酸镁、碳酸钠、硫酸钠、氯化钠、矽以及其他盐类含量，② 以此解释水中咸味是由上述含盐（氯化物）成分过量造成。总之，氟齿症出现后，水质检测也被分为供水水质化验和微菌检验两个部分，所有的检测工作都由巴斯德菌学实验室承担，因为该实验室同时负责济安水厂的水源检测工作，③ 从某种程度上说，也实现了天津工业化供水水质检测标准的部分统一。

从英租界儿童出现斑牙问题至今，天津始终是氟病高发地区，目前主要发病地集中在仍使用深层地下水的城郊村镇。④ 地下深井水的发掘使用对天津最深远的影响是“创造”出了一种新型的地方性疾病——氟齿病。地方性氟病的产生有自然地理原因，也受人类行为活动影响，如饮食结构过于单一，会导致食物性氟病；农业生产中使用农药化肥、工业生产排放废弃物，会导致水和土壤中氟超标；修造水库、挖掘沟渠、破坏植被，则会造成地下水位抬升或水土流失，打破区域环境化学元素的平衡导致氟病出现。就此而言，天津的氟病出现虽有自然基础但与人类活动紧密，尤其与深井钻探行为相关。天津的氟齿病，实则是近代以来人类行为干预获取资源形式，而引发的新型地方病。

五、结语

人类的生存发展需要自然的支持，而为人所熟识的自然部分往往以资源之名出现在生产生活中。正如王利华所说，“在人与自然和人与环境的众多关系中，人与资源的关系最直接、最亲密同时亦最具张力，是人与自然之间所有复杂关系的主干”，⑤ 因此加工开发和利用自然资源，是环境史观察人与自然关系的一个主要窗口。⑥ 由此拓展，以人类组织为基础的城市作为有机整体的生存活动，同样极度依赖自然的供养，从环境史角度探讨历史上城市获取自然资源的方式和变化，应该能够带给我们更多关于人与自然互动关系的启发。

从资源这扇窗望去，会发现近代天津开发深层地下水的行动，本质上是城市为谋求生存和

---

① 《水道处 1936 年报告》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4693 页。

② 《皮尔、苏格林大夫意见书——深井水味》，天津市档案馆编：《英租界档案》第 10 册，第 4699 页。

③ 《抄发关于天津济安自来水公司民国一九三九年业务报告给市公署的呈》，1939 年，天津市档案馆藏，档案号：J0001-3-004466-004。

④ 环渤海湾滨海地带属于我国深层高氟地下水分布区域，而天津则是深层地下水病区的典型代表城市，[1] 根据现代标准，水中的氟含量超过 1 毫克 / 升便属于高氟水源，而天津轻病区的水氟含量为 1. 35 毫克 / 升，最严重的区域含量达 5. 49 毫克 / 升，儿童氟斑检出率与水氟含量呈正相关，[2] 可见问题严重。根据 1995 年天津市口腔疾病第二次调查结果显示，天津乡镇区域 12 和 15 岁两组儿童中氟牙患病率高达 72. 75% 和 78. 09%，[3] 远超其他省市。随着城市拓展至滨海地带，沿海区域的地下水含氟量也日渐引起重视，据研究显示而当地氟含量 95% 以上超过安全饮用标准，含氟量最高区域超过 5 毫克 / 升，[4] 同样为氟病高发区。近年来天津政府在地域性氟中毒区域采用改水方式进行调整，获得显著效果，[5] 进一步证明深井水源仍然是主要致病因素。资料来源：[1] 陈志：《我国地方性氟中毒的分布状况》，《中国公共卫生》1997 年第 13 卷第 3 期。[2] 侯长春：《天津市儿童饮水型氟中毒流行病学调查》，《环境与健康杂志》2009 年第 26 卷第 9 期。[3] 胡静等：《天津市乡镇地区氟牙症流行病学调查报告》，《口腔疾病防治》2017 年第 12 期。[4] 王菲等：《天津滨海地区地下水中氟的分布特征研究》，《环境科学与技术》2013 年第 9 期。[5] 韩树青等：《改水方式对天津市氟中毒病区 8~12 岁儿童氟斑牙患病的影响》，《中华地方病学杂志》2014 年第 33 卷第 2 期。

⑤ 王利华：《“资源”作为一个历史的概念》，《中国历史地理论丛》2018 年第 3 期。

⑥ 王利华：《“资源”作为一个历史的概念》，第 41 页。

发展，试图改良从自然获取水资源方式的过程。然而在刚刚向世界敞开大门的天津，这场貌似地域性的资源变革，却不再是城市自己的故事，而已然成为 19 世纪世界变动大潮下，激荡出的一朵水花。

天津租界居民对地下水资源探索的热情，正是在全球流行性疫病威胁、不断发展的科学探索、快捷的信息传播网络、革新的卫生清洁观念和渐趋一致的防疫措施等因素共同作用下产生的。因此这场水源变革，也可以被视为租界居民以日益通行的新理念，试图在天津构建起符合自身标准的，安全用水环境的尝试。它因全球化而出现，也在某种程度上对全球化进程起到了添薪之功。

十九世纪工业革命之后，人类的相互影响和交流程度进入了新的阶段，工业帝国主义连同新的经济手段和政治形态在世界拓展，学习新模式者变得更为强大，不学习者则日渐落后。这一过程让政治形态、经济模式和观念思想等人类文明的诸多内容都前所未有地更趋于一致，全球化成为不可阻挡的趋势。麦克尼尔描述的“人类之网”变得日趋紧密并不断扩大，而天津的水资源变革正是跌入了这张人类之网后的结果——在应对疫情的过程中，建立新的供水系统，追求更为清洁优质的水源，利用全球通行的技术模仿其他区域开采深井水都体现了这种普遍联系和一致化倾向。然而，人们常常看到这种变化带来的好处，却很少注意到它也可能带来的风险和弊端。

恩格斯在自然的辩证法中写道：“我们不要过分陶醉于我们对自然界的胜利。对于每一次这样的胜利，自然界都对我们进行报复。每一次胜利，起初确实取得了我们预期的结果，但是往后和再往后却发生完全不同的、出乎预料的影响，常常把最初的结果又消除了。”① 西方人为解决用水困难在天津推进的卫生思想和相关工程，看似合理，实际上却忽视了不同地域的自然特性，忘记了人类“决不像征服者统治异族人那样支配自然，决不像站在自然界之外的人似的去支配自然界”② 的道理。

从资源和全球化角度可以更清楚地看到城市与自然的密切联系，人类可以改变城市从自然获取资源的形式，却无法改变其自然基础条件，因此要考虑不同区域的特异性和人类活动对环境的长期影响，这种历史经验似乎对今日的社会发展仍有启示意义。它提醒我们时刻关注，无论技术发展到何种程度，城市仍然属于并存在于自然界。因此在发明先进新技术、创建新工程以应对当下的环境问题，甚至确实取得了良好成效之时，也应当充分评估新技术、新工程有可能带来预想不到的新问题，而这一点往往为人们所严重忽视。

References

Cao Mu.“Xunzhao xinshuiyuan: yingzujie gongshuiwenti yu tianjin jindai zilaishui de dansheng” (Searching for the new water resource: The water supply problem of British concession and the beginning of running water system in Early Modern Tianjin). (Tianjin shifan daxue xuebao) *Journal of Tianjin Normal University* (5) 2019.

Cao Mu.“Ziyuan, huanjing yu quanyi: tianjin qiangzihe de jindai paiwu zhuanxing ji yingxiang”(The Resource, Environment and Rights: The Drainage Transformation and Influence of Qiangzi River in Early Modern Tianjin). *Chengshishi yanjiu* (Urban History Research) (2) 2019.

Chu Renxun. *Chu Renxun wenjianlu* (The sketch book of Chu Renxun). Sorted by the national library of China. Beijing: Guojia tushuguan chubanshe, 2016.

Economics institute of Tianjin academy of social sciences eds. *Tianjin nongye jingji gaikuang* (The general situation of Tianjin’s agriculture). Tianjinshi diqi yinshuachang, 1985.

Hua Dingyuan collected: *Zililianzhu jiben* (The zililianzhu collection). Tianjin: tianjin guji chubanshe, 1986.

---

① 恩格斯:《自然辩证法》，人民出版社，2015 年，第 313 页。

② 恩格斯:《自然辩证法》，第 313 页。

Li Qingchen. *Zuicha zhiguai* (Zuicha's mystery novels). Tianjin: Tianjin guji shudian, 1990.

Mei Xueqin. "Laofuqin taiwushi: yitiao heliu de wuran yu zhili"("Old Father Thames": The pollution and control of a river). *Jingji shehuishi pinglun* (Economic and Social History Review) (1) 2018.

Pan Jixing."Zhongguo shenjing zuantan jishu de qiyuan, fazhan he xichuan"(The origin, development, and westward spread of Chinese deep−well drilling technique). *Yanyeshi yanjiu* (Salt Industry History Research) (04) 2009.

Wang Lihua."'Ziyuan' zuowei yige lishi de gainian" ("Resource" as a Historical Concept). *Zhongguo lishidili luncong* (Journal of Chinese Historical Geography) 33, No. 4 (2018).

Wang Yangzhi."Zhongguo gudai de shuijing"(The water wells of ancient China). *Xibei daxue xuebao* (Journal of Northwest university) (3) 1982.

Drinking Water, Artesian Wells and Dental Fluorosis: The Exploration and Influence of Groundwater Resources in the Late Qing and the Early Republican Periods in a Global Perspective

CAO Mu (History and Cultural Department, Tianjin Normal University; caomu707@163.com)

Abstract: Because the Tianjin plain was low, flat, and very close to the sea, both the surface and groundwater of Tianjin suffered from saltwater intrusion that made the water too bitter to drink. Affected by global pandemic diseases and the international sanitation revolution, foreigners in the Tianjin concessions, which were established in 1860, started to look for a supply of sanitary water conforming to the new standard to ensure their health and safety. To this end, they updated the water supply and drainage equipment, established the first running water system, and introduced the mechanical drilling technique to explore deep groundwater. Eight years after the deep groundwater was put into use, the first case of pediatric dental fluorosis, which was later discovered to be caused by excessive fluoride in artesian well water, was reported in the English concession of Tianjin. Thereafter, Tianjin became a high-incidence area for endemic dental fluorosis. Tianjin's experience reflected the typical influence of globalization on a Chinese city during the late Qing and early Republican periods. Such unintended consequences of human actions were exactly what Friedrich Engels described in Dialectics of Nature, the "quite different, unforeseen effects" from the result we expect. The history of Tianjin's water supply illustrates the extremely complex relationship between man and nature that can serve as an important warning to the construction of the ecological city in the present and future.

Keywords: groundwater, Tianjin, globalization, dental fluorosis